

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156452

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

G01S 17/88

G01N 15/02

G01N 21/27

G01N 21/49

G01S 7/48

(21)Application number : 2000-352017 (71)Applicant : HIOKI EE CORP

(22)Date of filing : 20.11.2000 (72)Inventor : MARUYAMA TOMOYUKI

NARISAWA FUMIO

KUDO MAKOTO

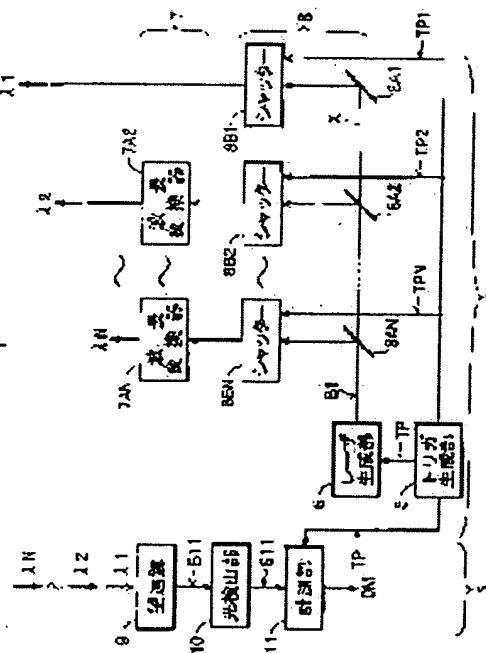
TANAKA KOKI

(54) LASER RADAR SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser radar system which can be made inexpensive and constituted to small size and can measure light intensity characteristics with high precision.

SOLUTION: This laser radar system 1 equipped with a transmission device 2 which sends laser light B1 and a reception device 3 which receives a scattered light of the laser light scattered by a scattering body; and the transmission device 2 is so constituted as to send laser lights B1 with mutually different wavelengths λ_1 to λ_N in synchronism with a synchronizing signal TP generated having a specific time difference in order and the reception device 3 is equipped with a photodetection part 10 which photoelectrically converts the scattered light B11 and outputs an electric signal S11 in order and a measurement part 11 which measures light intensity characteristics for



BEST AVAILABLE COPY

reception times by the wavelengths with the $\lambda 1$ to λN included in the scattered light B11 in synchronism with the synchronizing signal TP according to the electric signal S11 outputted by the photodetection part 19 in sequence.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-156452

(P2002-156452A)

(43) 公開日 平成14年5月31日 (2002.5.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 1 S 17/88		C 0 1 N 15/02	A 2 G 0 5 9
G 0 1 N 15/02		21/27	Z 5 J 0 8 4
21/27		21/49	C
21/49		C 0 1 S 7/48	Z
G 0 1 S 7/48		17/88	Z
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-352017 (P2000-352017)

(22) 出願日 平成12年11月20日 (2000. 11. 20)

(71) 出願人 00022/180

日置電機株式会社

長野県上田市大字小泉字桜町81番地

(72) 発明者 丸山 知行

長野県上田市大字小泉字桜町81番地 日置

電機株式会社内

(72) 発明者 成沢 二三男

長野県上田市大字小泉字桜町81番地 日置

電機株式会社内

(74) 代理人 100104787

弁理士 酒井 伸司

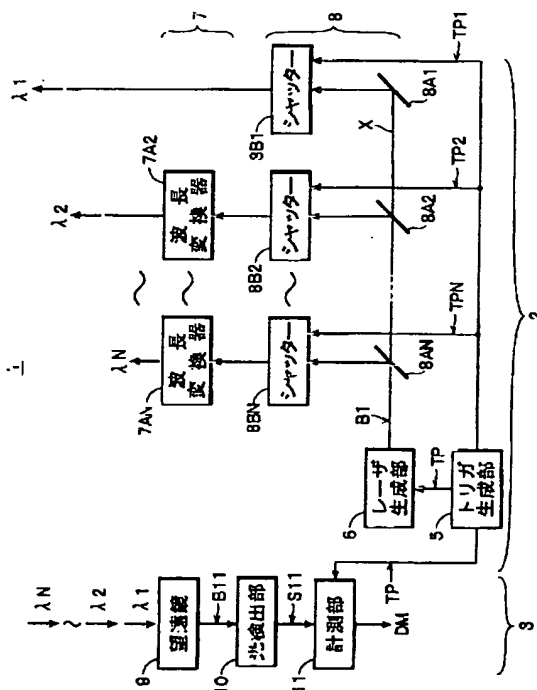
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザレーダシステム

(57) 【要約】

【課題】 安価かつ小型に構成でき、しかも光強度特性を高精度で計測し得るレーザレーダシステムを提供する。

【解決手段】 レーザ光 B 1 を送信する送信装置 2 と、散乱体によって散乱されたレーザ光の散乱光を受光する受信装置 3 とを備えたレーザレーダシステム 1 であって、送信装置 2 は、所定の時間差で生成される同期用信号 TP に同期して互いに異なる波長 $\lambda 1 \sim \lambda N$ のレーザ光 B 1 を順次送信可能に構成され、受信装置 3 は、散乱光 B 1 1 を順次光電変換して電気信号 S 1 1 を出力する光検出部 10 と、光検出部 10 によって順次出力される電気信号 S 1 1 に基づいて散乱光 B 1 1 に含まれている各波長 $\lambda 1 \sim \lambda N$ 毎の受信時間に対する光度特性を同期用信号 TP に同期して計測する計測部 11 とを備えて構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備えたレーザレーダシステムであって、

前記送信装置は、所定の時間差で生成される同期用信号に同期して互いに異なる波長のレーザ光を順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を順次光電変換して電気信号を出力する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とするレーザレーダシステム。

【請求項2】 前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、前記各波長毎に配設されると共に入力したレーザ光の波長を前記送信される各波長のレーザ光にそれぞれ変換する複数の波長変換器と、前記レーザ生成部によって生成された前記レーザ光を前記同期用信号に同期して前記各波長変換器に順次出力する光切換部とを備えていることを特徴とする請求項1記載のレーザレーダシステム。

【請求項3】 前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、当該レーザ光を波長変換して前記各波長のレーザ光を同時に生成する波長変換部と、当該波長変換部によって生成された各波長のレーザ光を前記同期用信号に同期して順次選択し、かつ選択した前記各波長のレーザ光を前記送信される各波長のレーザ光として順次出力する光選択部とを備えていることを特徴とする請求項1記載のレーザレーダシステム。

【請求項4】 前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、当該レーザ光を波長変換して前記各波長のレーザ光を同時に生成する波長変換部と、当該波長変換部によって生成されたレーザ光を前記各波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光されたレーザ光を前記各波長毎に時間差を設けて前記送信される各波長のレーザ光として順次出力する光遅延部とを備えていることを特徴とする請求項1記載のレーザレーダシステム。

【請求項5】 レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、

前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を少なくとも当該波長の種類数と等しい回数だけ同期用信号に同期して順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を前記波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光された散乱光を前記同期用信号に同期して順次光電変換する光検出部と、前記分光部によって分光される前記各波長の散乱光を前記同期用信号に同期して前記光検出部に出力する光切換部と、前記光検出部によって順次出力される前記各波長

毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とするレーザレーダシステム。

【請求項6】 レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、

前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を少なくとも当該波長の種類数と等しい回数だけ同期用信号に同期して順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記各波長の散乱光を前記同期用信号に同期して前記散乱光から順次選択して出力する光選択部と、当該光選択部によって順次出力される前記各波長の散乱光を順次光電変換する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される前記各波長毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とするレーザレーダシステム。

【請求項7】 レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、

前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を同時に送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を前記波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光された散乱光を前記波長毎に時間差を設けて順次出力する光遅延部と、当該光遅延部によって順次出力される前記各波長の散乱光を合波して順次出力する合波部と、当該合波部によって順次出力される前記各波長の散乱光を順次光電変換する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される前記各波長毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とするレーザレーダシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長が互いに異なるレーザ光を送信すると共に散乱体によって散乱されたレーザ光の散乱光を受光し、この散乱光に含まれている各波長毎の受信時間に対する光強度特性を計測するレーザレーダシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】この種のレーザレーダシステムとして、図11に示すレーザレーダシステム91が従来から知られている。このレーザレーダシステム91は、波長が互いに異なるN種類($\lambda_1 \sim \lambda_N$: Nは2以上の自然数)のレーザ光を送信装置92から散乱体に向けて同時に送信し、散乱体によって散乱された散乱光を受信装置93で受光し、この散乱光に含まれている各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$

毎の受信時間に対する光の強度を表す光強度特性（以下、単に「光強度特性」ともいう）を計測可能に構成されている。したがって、このレーザレーダシステム91によって計測された光強度特性に基づいて、例えば、大気分子や大気中のエアロゾル（浮遊粒子状物質）の分布状態を観測することができる。具体的には、エアロゾル等による散乱光強度は、その粒径と送信レーザの波長とに依存する。このため、散乱光の波長、およびその波長の散乱光量を計測することにより、散乱体の粒径およびその濃度分布を計測することができる。また、その波長の散乱光を受信するまでの受信時間を計測することにより、送信装置92からエアロゾル等までの距離を計測することができる。したがって、このレーザレーダシステム91では、各波長毎の光強度特性を計測することにより、大気中のエアロゾル等の各粒径に対する濃度分布（以下、「粒径分布」ともいう）の計測が可能となっている。

【0003】送信装置92は、トリガ生成部5、レーザ生成部6、および波長変換部33を備えている。この場合、トリガ生成部5は、同期用信号（トリガ）TPを生成してレーザ生成部6に出力する。また、レーザ生成部6は、入力した同期用信号TPに同期してパルス状のレーザ光B1を生成して波長変換部33に出力する。一方、波長変換部33は、例えばメタンのラマン散乱を利用した波長変換が可能に構成されており、入力した励起用レーザ光としてのレーザ光B1を多波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光に変換し、変換した多波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を同一光軸上で同時に送信する。

【0004】一方、受信装置93は、望遠鏡9、分光部43、N個の光検出部10、およびN個の計測部11を備えている。この場合、望遠鏡9は、送信装置92によって送信されたレーザ光のうちの散乱体に当たって散乱した光を集光して散乱光B11として出力する。また、分光部43は、入力した散乱光B11を、送信装置92によって送信されたレーザ光の各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ にそれぞれ対応する散乱光B12（ $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）に分光する。また、各光検出部10は、光電子倍增管やAPD（アバランシェフォトダイオード）などの微弱光検出素子で構成され、分光された各波長の散乱光B12毎に設けられて、各波長の散乱光B12を光電変換して生成した電気信号S11をそれぞれ出力する。また、各計測部11は、アナログ計測方式によって計測するときにはデジタルオシロスコープを備えて構成され、光子計数方式によって計測するときにはパルスカウンタを備えて構成され、各光検出部10に対応してそれぞれ配設されている。また、各計測部11は、入力した電気信号S11に基づいて各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性をそれぞれ計測する。

【0005】このレーザレーダシステム91では、まず、送信装置92のトリガ生成部5が同期用信号TPを

生成してレーザ生成部6および各計測部11に出力する。次いで、レーザ生成部6は、入力した同期用信号TPに同期してレーザ光B1を生成して波長変換部33に出力する。次に、波長変換部33が、入力したレーザ光B1を多波長のレーザ光に変換して大気中に送信する。一方、受信装置93では、望遠鏡9が、散乱体によって散乱された多波長のレーザ光を受光して集光する。続いて、分光部43が、望遠鏡9によって出力された散乱光B11を各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ にそれぞれ対応する散乱光B12に分光してほぼ同時に出力する。次いで、各光検出部10が、分光された各波長の散乱光B12を対応する電気信号S11にそれぞれ光電変換する。次に、各計測部11が、対応する光検出部10によって出力された各波長に対応する電気信号S11に基づいて、各波長の散乱光についての光強度特性を同期用信号TPに同期して計測して観測データDMとして出力する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来のレーザレーダシステム91には、以下の問題点がある。すなわち、従来のレーザレーダシステム91では、光電子倍增管やAPDなどの高価な微弱光検出素子を必要とする光検出部10と、高価なデジタルオシロスコープやパルスカウンタ等で構成された計測部11とを受光すべきレーザ光の波長数（N組）だけ設ける必要がある。このため、レーザレーダシステム91のシステムコストが非常に高騰しているという問題点がある。また、このレーザレーダシステム91には、光検出部10および計測部11を多数備えることに起因して大規模のシステムになるという問題点もある。さらに、多くの微弱光検出素子を使用するため、各微弱光検出素子間の特性のばらつきに起因して計測精度が低下するという問題点がある。この場合、そのばらつきを補正することも可能であるが、経時変化などに起因して精度良く補正するのは困難である。

【0007】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、安価かつ小型に構成でき、しかも光強度特性を高精度で計測し得るレーザレーダシステムを提供することを主目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく請求項1記載のレーザレーダシステムは、レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備えたレーザレーダシステムであって、前記送信装置は、所定の時間差で生成される同期用信号に同期して互いに異なる波長のレーザ光を順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を順次光電変換して電気信号を出力する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測

する計測部とを備えて構成されていることを特徴とする。

【0009】請求項2記載のレーザレーダシステムは、請求項1記載のレーザレーダシステムにおいて、前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、前記各波長毎に配設されると共に入力したレーザ光の波長を前記送信される各波長のレーザ光にそれぞれ変換する複数の波長変換器と、前記レーザ生成部によって生成された前記レーザ光を前記同期用信号に同期して前記各波長変換器に順次出力する光切換部とを備えていることを特徴とする。

【0010】請求項3記載のレーザレーダシステムは、請求項1記載のレーザレーダシステムにおいて、前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、当該レーザ光を波長変換して前記各波長のレーザ光を同時に生成する波長変換部と、当該波長変換部によって生成された各波長のレーザ光を前記同期用信号に同期して順次選択し、かつ選択した前記各波長のレーザ光を前記送信される各波長のレーザ光として順次出力する光選択部とを備えていることを特徴とする。

【0011】請求項4記載のレーザレーダシステムは、請求項1記載のレーザレーダシステムにおいて、前記送信装置は、レーザ光を生成するレーザ生成部と、当該レーザ光を波長変換して前記各波長のレーザ光を同時に生成する波長変換部と、当該波長変換部によって生成されたレーザ光を前記各波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光されたレーザ光を前記各波長毎に時間差を設けて前記送信される各波長のレーザ光として順次出力する光遅延部とを備えていることを特徴とする。

【0012】請求項5記載のレーザレーダシステムは、レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を少なくとも当該波長の種類数と等しい回数だけ同期用信号に同期して順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を前記波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光された散乱光を前記同期用信号に同期して順次光電変換する光検出部と、前記分光部によって分光される前記各波長の散乱光を前記同期用信号に同期して前記光検出部に出力する光切換部と、前記光検出部によって順次出力される前記各波長毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とする。

【0013】請求項6記載のレーザレーダシステムは、レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を少なくとも当該波長の種類数と

等しい回数だけ同期用信号に同期して順次送信可能に構成され、前記受信装置は、前記各波長の散乱光を前記同期用信号に同期して前記散乱光から順次選択して出力する光選択部と、当該光選択部によって順次出力される前記各波長の散乱光を順次光電変換する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される前記各波長毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とする。

【0014】請求項7記載のレーザレーダシステムは、レーザ光を送信する送信装置と、散乱体によって散乱された前記レーザ光の散乱光を受光する受信装置とを備え、前記送信装置は、波長が互いに異なる複数のレーザ光を合波したレーザ光を同時に送信可能に構成され、前記受信装置は、前記散乱光を前記波長毎に分光する分光部と、当該分光部によって分光された散乱光を前記波長毎に時間差を設けて順次出力する光遅延部と、当該光遅延部によって順次出力される前記各波長の散乱光を合波して順次出力する合波部と、当該合波部によって順次出力される前記各波長の散乱光を順次光電変換する光検出部と、当該光検出部によって順次出力される前記各波長毎に対応する電気信号に基づいて前記散乱光に含まれている前記各波長毎の受信時間に対する光強度特性を前記同期用信号に同期して計測する計測部とを備えて構成されていることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明に係るレーザレーダシステムの実施の形態について説明する。なお、従来のレーザレーダシステム91と同一の構成要素については、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0016】最初に、レーザレーダシステム1の構成について、各図を参照して説明する。

【0017】レーザレーダシステム1は、図1に示すように、多波長($\lambda_1 \sim \lambda_N$)のレーザ光を送信する送信装置2と、散乱体によって散乱されたレーザ光の散乱光を受光する受信装置3とを備えている。送信装置2は、トリガ生成部5、レーザ生成部6、複数($N-1$ 個)の波長変換器7A2~7AN(以下、区別しないときには「波長変換器7A」ともいう)から構成される波長変換部7、および光切換部8を備えている。

【0018】この場合、トリガ生成部5は、所定周期(所定の時間差)で同期用信号TP(以下、区別するときには「TP1~TPN」ともいう)を生成する。また、レーザ生成部6は、同期用信号TPに同期してレーザ光B1(波長 λ_1)を生成する。また、光切換部8は、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1の光軸X上にそれぞれ配置されたN個のミラー8A1~8AN(以下、区別しないときには「ミラー8A」ともい

う)と、各ミラー8A1～8ANによって反射されたレーザ光B1の各光軸上にそれぞれ配置されたN個のシャッター8B1～8BN(以下、区別しないときには「シャッター8B」ともいう)とを備えて構成され、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1を同期用信号TPに同期して波長変換器7Aに順次出力する。この場合、ミラー8A1は、光が透過しない全反射型ミラーで構成され、他のミラー8A2～8ANは、各シャッター8B1～8BNに向かうレーザ光B1の強度がほぼ均一になるように、その反射率および透過率が予め調節されたハーフミラーで構成されている。なお、同期用信号TPの周期は、シャッター8Bの制御時間よりも長めの時間に設定されている。また、各シャッター8B1～8BNは、対応する同期用信号TP1～TPNが入力された際に所定時間だけ開口することにより、ミラー8Aによって反射されたレーザ光B1を通過させる。さらに、各波長変換器7A2～7ANは、それぞれ、シャッター8B2～8BNを通過するレーザ光B1の光軸上に配置されると共に波長変換用の結晶体を通過させることによってレーザ光B1の波長をそれぞれ λ_2 、 λ_3 、 \dots 、 λ_N のレーザ光に変換して送信する。

【0019】一方、受信装置3は、望遠鏡9、光検出部10、および計測部11を一つずつ備えて構成されている。この場合、望遠鏡9は、所定の視野角を有し、この視野角に含まれる散乱体からの散乱光を受光すると共に集光して散乱光B11として出力する。また、光検出部10は、望遠鏡9によって出力された散乱光B11を光電変換して電気信号S11として順次出力する。また、計測部11は、パルスカウンタを備えて光子計数法に従って各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性を計数可能に構成され、光検出部10によって順次出力される電気信号S11に基づき、散乱体からの散乱光に含まれている各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性を同期用信号TPに同期して計測する。なお、計測部11として、ディジタルオシロスコープを備えてアナログ計測を可能に構成することもできる。

【0020】次に、このレーザレーダシステム1の動作について、大気中のエアロゾルの観測を例に挙げて説明する。

【0021】このレーザレーダシステム1では、図2(a)に示すように、トリガ生成部5が、所定周期で同期用信号TP1～TPNを順次生成し、レーザ生成部6、シャッター8Bおよび計測部11に各同期用信号TPを順次出力する。この際に、レーザ生成部6は、図2(b)に示すように、各同期用信号TPに同期してレーザ光B1(波長 λ_1)を所定時間だけ出力する。一方、シャッター8B1～8BNは、図2(c)～(e)にそれぞれ示すように、対応する同期用信号TPが入力される都度、その同期用信号TPに同期して所定時間だけ開口する。これにより、各ミラー8A1～8ANによって

反射されたレーザ光B1は、シャッター8B1、シャッター8B2、 \dots 、シャッター8BNの順序でそれぞれ通過する。この場合、シャッター8B1を通過したレーザ光B1は、波長変換されることなく波長 λ_1 のレーザ光として送信装置2から送信される。続いて、シャッター8B2～8BNをそれぞれ通過したレーザ光B1は、波長変換器7A2～7ANに順次入力されると共に波長変換され、波長 $\lambda_2 \sim \lambda_N$ のレーザ光として送信装置2によって順次送信される。このようにして、送信装置2は、図2(f)に示すように、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を所定周期で大気中に順次送信する。

【0022】一方、受信装置3では、送信装置2によって波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光が送信される都度、望遠鏡9が、大気中のエアロゾルに当たって散乱した波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を順次受光して集光する。次いで、光検出部10が、望遠鏡9によって集光された散乱光B11をパルス状の電気信号S11に順次光電変換して計測部11に出力する。続いて、計測部11は、各同期用信号TP1～TPNに同期して、光検出部10によって出力された電気信号S11のうちの所定レベルを超えるパルスの数を計測し、各同期用信号TP1～TPNが入力されてからの経過時間(受信時間)に対する散乱光B11の光強度を計測する。次いで、計測部11は、図2(g)に示すように、その光強度をデータ化して各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性を表す観測データDM(光強度特性)として出力する。

【0023】ここで、図2(g)に示す観測データDMは、光強度がエアロゾル濃度に対応し、各同期用信号TPの立ち上がりエッジからの経過時間がレーザレーダシステム1(地上)からエアロゾルまでの距離に対応する。したがって、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ についての各観測データDMは、地上からの大気中のエアロゾルの濃度分布に対応することになる。なお、送信装置2に対して、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光の大気への送信を繰り返し実行させ、かつ、受信装置3に対して、その都度、観測データDMを生成させると共に計測した各観測データDMを平均化させて最終的な観測データDMを求めさせることもできる。かかる構成によれば、より信頼性の高いエアロゾル粒径分布を計測することができる。

【0024】このように、このレーザレーダシステム1によれば、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置3を構成したことにより、送信するレーザ光の波長数の多少に拘わらず、光電子倍增管やAPDなどの高価な微弱光検出素子を1つ用いて構成することができるため、従来のレーザレーダシステム91と比較して大幅なコストダウンを図ることができる。また、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置3を構成できるため、受信装置3の小型化、ひいてはレーザレーダシステム1全体としての小型化を図ることができる。さらに、1つの微弱光検出素子を使用するため、微

弱光検出素子の特性のばらつきに起因する計測精度の低下を招かない結果、光強度特性を高精度で計測することができる。

【0025】なお、本発明は、上記した本発明の実施の形態に示した構成に限定されない。例えば、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を所定期間で順次送信する送信装置の構成として、図3～図6に示す各構成を採用することも可能である。なお、以下の説明において、レーザレーダシステム1と同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0026】図3に示すレーザレーダシステム21は、送信装置22および受信装置3を備えている。送信装置22は、送信装置2における光切換部8に代えて光切換部23を備えて構成されている。この場合、光切換部23は、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1の光軸X上に配置された1個の角度可変式ミラー（スキャニングミラー）23Aと、N個の固定式ミラー23B1～23BN（以下、区別しないときには「固定式ミラー23B」ともいう）とを備えている。この場合、角度可変式ミラー23Aは、レーザ生成部6によって出力されたレーザ光B1の光軸Xを固定式ミラー23B1～23BNのいずれかの設置方向に選択的に切り換える。なお、同期用信号TPの周期は、角度可変式ミラー23Aの制御時間よりも長めの時間に設定されている。また、各固定式ミラー23B1～23BNは、角度可変式ミラー23Aによって反射された各レーザ光B1の光軸を変える機能を有し、角度可変式ミラー23Aによって反射されたレーザ光B1を波長変換器7Aに入射させる。また、各波長変換器7A2～7ANは、各固定式ミラー23B2～23BNによって反射された各レーザ光の光軸上に配置されている。

【0027】このレーザレーダシステム21では、角度可変式ミラー23Aが、同期用信号TP1～TPNに同期してステップ的に角度を変更することにより、レーザ生成部6によって出力されたレーザ光B1を各固定式ミラー23Bに向けて、固定式ミラー23B1、固定式ミラー23B2、・・・、および固定式ミラー23BNの順序で順次反射させる。この際に、固定式ミラー23B1によって反射されたレーザ光B1は、そのまま波長 λ_1 のレーザ光として送信装置22から送信される。また、固定式ミラー23B2～23BNによって反射されたレーザ光B1は、波長変換器7A2～7ANに順次入力されて波長がそれぞれ変換され、波長 $\lambda_2 \sim \lambda_N$ のレーザ光として送信装置22から順次送信される。このようにして、送信装置22は、所定期間で、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光をその順序で大気中に送信する。一方、受信装置3では、レーザレーダシステム1における受信装置3と同様にして、順次入力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光を受光して、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性を計測し、地上からの大気中のエアロゾルの濃度分布やエア

ロゾルの粒径分布を計測する。

【0028】このレーザレーダシステム21によれば、レーザレーダシステム1による効果を有すると共に、ハーフミラーを用いて光切換部8を構成したレーザレーダシステム1と比較して、ハーフミラーの通過に起因するレーザ光B1の減衰が回避できるため、レーザ生成部6の出力パワーをその分小さくすることができる。その結果、送信装置22のコスト低減、ひいてはレーザレーダシステム21のシステムのコストを低減することができる。

【0029】次に、図4を参照して、レーザレーダシステム31について説明する。なお、上述した各レーザレーダシステムと同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0030】このレーザレーダシステム31は、送信装置32および受信装置3を備えている。送信装置32は、送信装置2における光切換部8および波長変換部7に代えて波長変換部33および光選択部34を備えて構成されている。この場合、波長変換部33は、例えば、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1を励起用レーザ光（例えばYAGの基本波1064nm）に対して、メタンのラマン散乱を利用して多波長（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 、例えば第1次ストークス1542nm、アンチストークス812nm、第2次ストークス2800nm、アンチストークス656nmなど）のレーザ光B2を生成する。また、光選択部34は、波長変換部33によって生成された各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光B2をトリガ生成部5によって出力された同期用信号TPに同期して順次選択し、かつ選択した各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を送信する。光選択部34は、一例として、図5に示すように、N個の孔が同心円上に設けられた回転円盤体34bと、この各孔に取り付けられたN個のフィルタ34A1～34AN（以下、区別しないときには「フィルタ34A」ともいう）とで構成されている。

【0031】このレーザレーダシステム31では、波長変換部33が、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1から多波長のレーザ光B2を生成する。この場合、回転円盤体34bは、同期用信号TPに同期してステップ的に各フィルタ34A1～34ANを回転させる。この際に、各フィルタ34Aがレーザ光B1の光軸上の所定位置P1に回転し、これにより、レーザ光B2のうちの各フィルタ34Aの各通過周波数帯域に対応する波長のレーザ光が、そのフィルタ34Aを通過して送信される。この結果、回転円盤体34bが同期用信号TPに同期してステップ的に順次回転することにより、各フィルタ34A1～34ANの通過周波数帯域にそれぞれ対応する各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光が、同期用信号TPに同期して選択され、かつ順次送信される。

【0032】このレーザレーダシステム31によれば、レーザレーダシステム1による効果に加えて、破損し易

いハーフミラーやミラーを用いなくて構成できるため、取扱い性を向上させることができると共に、部品点数の削減によりコストを低減することができる。また、調整に時間を要するミラーの角度調節作業などの工程を省くことができる結果、システムの製造時間を短縮できると共にシステムコストを低減することができる。さらに、ミラーを使用しない分だけ光学系を小型化することもできる。

【0033】次に、図6を参照して、レーザレーダシステム41について説明する。なお、上述した各レーザレーダシステムと同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0034】レーザレーダシステム41は、送信装置42および受信装置3を備えている。送信装置42は、レーザレーダシステム31における光選択部34に代えて、分光部43および光遅延部44を備えて構成されている。この場合、分光部43は、例えば、プリズムなどで構成され、波長変換部33によって生成された多波長（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）のレーザ光B2を各波長毎に分光する。また、光遅延部44は、分光部43によって分光される波長の種類数と等しい数の光ファイバ44A1～44ANで構成されている。この場合、各光ファイバ44A1～44ANは、それぞれ互いに異なる長さであって、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光が一定間隔で順次送信される。一方、受信装置3は、レーザレーダシステム31における受信装置3と同様にして同期用信号TPに同期して観測データDMを生成する。

【0035】このレーザレーダシステム41によれば、レーザレーダシステム1による効果に加えて、レーザレーダシステム31と同様にして、破損し易いハーフミラーやミラーを用いなくて構成できるため、取扱い性を向上させることができると共に、部品点数の削減によりコストを低減することができる。また、調整に時間を要するミラーの角度調節作業などの工程を省くことができる結果、システムの製造時間を短縮できると共にシステムコストを低減することができる。さらに、ミラーを使用しない分だけ光学系を小型化することもできる。

【0036】また、上記した各レーザレーダシステム1などでは、送信装置が同期用信号TPに同期して各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光をその順序で送信し、受信装置が、順次入力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光を順次光電変換すると共に同期用信号TPに同期して各波長毎の光強度特性を計測しているが、送信装置が、波長の互いに異なる複数のレーザ光を合波した多波長（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）のレーザ光を少なくとも波長の種類数と等しい回数（N回）だけ同期用信号TPに同期して順次送信する構成を採用することができる。この場合、受信装置としては、受光した多波長の散乱光から各波長の光を分光若しくは選択し、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性を計測する構成を採用することができる。この構成を有するレ

ーザレーダシステムについて、以下、図7～図10を参照して説明する。なお、上述した各レーザレーダシステム1、21、31、41と同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0037】図7に示すレーザレーダシステム51は、送信装置52および受信装置53を備え、上記した送信装置2、42の構成を受信装置53に適用して構成されている。この場合、送信装置52は、トリガ生成部5、レーザ生成部6、および波長変換部33を備えて構成されている。一方、受信装置53は、望遠鏡9、分光部43、光切換部55、光検出部10および計測部11を備えて構成されている。この場合、分光部43は、望遠鏡9によって集光された散乱光B11を、送信されたレーザ光の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎に分光する。また、光切換部55は、分光部43によって出力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12を同期用信号TPに同期して光検出部10に出力する。一例として、光切換部55は、分光部43によって出力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の各散乱光B12毎に対応して設けられ、対応する同期用信号TP1～TPNが入力された際に開口して散乱光を通過させるN個のシャッター8B1～8BNと、各シャッター8B1～8BNをそれぞれ通過した各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12を合波して出力する合波部55aとを備えて構成されている。

【0038】このレーザレーダシステム51では、トリガ生成部5が、所定周期で同期用信号TPを生成し、生成した同期用信号TPをレーザ生成部6、各シャッター8Bおよび計測部11に出力する。この際に、レーザ生成部6は、各同期用信号TPに同期してレーザ光B1を所定時間だけ波長変換部33に出力する。次いで、波長変換部33は、レーザ生成部6によって生成されたレーザ光B1を励起用レーザ光として多波長（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）のレーザ光を生成して送信する。これにより、多波長のレーザ光が同期用信号TPに同期してN回出力される。一方、受信装置53では、望遠鏡9が、視野角に含まれるエアロゾルからの散乱光を常時受光して集光し、集光した散乱光B11を分光部43に出力する。次いで、分光部43が、望遠鏡9によって散乱光B11が出力される都度、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のレーザ光を含む散乱光B12（ $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）を同時に出力する。続いて、光切換部55のシャッター8B1～8BNが、順次入力される同期用信号TP1～TPNに同期して、その順序で一つずつ開口する。これにより、各シャッター8B1～8BNを通過した各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12が合波部55aに順次出力される。次いで、合波部55aは、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12を合波して一つの光軸上に順次出力する。これにより、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12は、その順序で光検出部10に順次出力される。この後、受信装置3と同様にして、計測部11が、同期用信号TPに同期して各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度

特性を計測して観測データDMとして出力する。この結果、受光した散乱光に含まれている各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ 毎の光強度特性が計測される。

【0039】このレーザレーダシステム51によれば、レーザレーダシステム1と同様にして、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置53を構成したことにより、送信するレーザ光の波長数の多少に拘わらず、光電子増倍管やAPDなどの高価な微弱光検出素子を1つ用いて構成することができるため、従来のレーザレーダシステム91と比較して大幅なコストダウンを図ることができる。また、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置53を構成できるため、受信装置53の小型化、ひいてはレーザレーダシステム51全体としての小型化を図ることができる。さらに、1つの微弱光検出素子を使用するため、微弱光検出素子の特性のばらつきに起因する計測精度の低下を招かない結果、光強度特性を高精度で計測することができる。

【0040】次に、図8を参照して、レーザレーダシステム61について説明する。

【0041】レーザレーダシステム61は、送信装置52および受信装置63を備え、上記した送信装置22の構成を受信装置53に適用して構成されている。この場合、受信装置63は、受信装置53の光切換部55に代えて光切換部23を備えて構成されている。光切換部23は、N個の固定式ミラー23B1～23BNと、1個の角度可変式ミラー23Aとで構成されている。ここで、固定式ミラー23Bは、分光部43によって出力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12毎に対応して設けられ、角度可変式ミラー23Aに向けて各散乱光B12($\lambda_1 \sim \lambda_N$)を反射させる。また、角度可変式ミラー23Aは、同期用信号TPに同期してステップ的に回転し、各固定式ミラー23B1～23BNによって反射された散乱光B12を光検出部10に向けて順次反射させる。

【0042】このレーザレーダシステム61では、受信装置63の光切換部23が、基本的に、レーザレーダシステム21における光切換部23と逆の動作を行う。つまり、この受信装置63の光切換部23では、望遠鏡9が散乱体からの各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光を受光する都度、各固定式ミラー23B1～23BNが、分光部43によって分光された散乱光B12を角度可変式ミラー23Aに反射させる。次いで、角度可変式ミラー23Aが、各同期用信号TP1～TPNに同期して、散乱光B12に含まれている各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のうちの一つの波長の散乱光B12を順次選択して光検出部10に出力する。このレーザレーダシステム61によれば、レーザレーダシステム51と同様にして、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置63を構成することができる。この結果、受信装置63のコストダウンを図ることができると共に受信装置63の小型化、ひいてはレ

ーザレーダシステム61全体としての小型化を図ることができる。また、1つの微弱光検出素子を使用するため、微弱光検出素子の特性のばらつきに起因する計測精度の低下を招かない結果、光強度特性を高精度で計測することができる。

【0043】次に、図9を参照して、レーザレーダシステム71について説明する。

【0044】レーザレーダシステム71は、送信装置52および受信装置73を備え、上記した送信装置32の構成を受信装置53に適用して構成されている。この場合、受信装置73は、受信装置53の分光部43および光切換部55に代えて光選択部34を備えて構成されている。光選択部34は、同期用信号TPに同期して、望遠鏡9によって集光された多波長の散乱光B11に含まれている各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のうちの一つの波長の散乱光B12を順次選択して光検出部10に出力する。このレーザレーダシステム71によれば、レーザレーダシステム51と同様にして、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置63を構成することができる結果、受信装置73のコストダウンを図ることができると共に受信装置73の小型化、ひいてはレーザレーダシステム71全体としての小型化を図ることができる。また、1つの微弱光検出素子を使用するため、微弱光検出素子の特性のばらつきに起因する計測精度の低下を招かない結果、光強度特性を高精度で計測することができる。

【0045】次に、図10を参照して、レーザレーダシステム81について説明する。

【0046】レーザレーダシステム81は、送信装置52および受信装置83を備え、上記した送信装置42の構成を受信装置53に適用して構成されている。この場合、送信装置52は、レーザレーダシステム51における送信装置52とは、構成上同一であるが、すべての波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ についての各1回の光強度特性の計測に対して、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ を含む多波長のレーザ光B1を同時に1回だけ送信すればよい点で相違する。また、受信装置83は、受信装置53のシャッター8B1～8BNに代えて光遅延部44を備えて構成されている。この場合、光遅延部44は、分光部43によって分光された各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の散乱光B12を波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ の順序で合波部55aに出力する。このレーザレーダシステム81によれば、レーザレーダシステム51と同様にして、1組の光検出部10および計測部11を備えて受信装置83を構成することができる結果、受信装置83のコストダウンを図ることができると共に受信装置83の小型化、ひいてはレーザレーダシステム81全体としての小型化を図ることができる。また、1つの微弱光検出素子を使用するため、微弱光検出素子の特性のばらつきに起因する計測精度の低下を招かない結果、光強度特性を高精度で計測することができる。

【0047】なお、本発明は、上記の各発明の実施の形態に示した構成に限らず、適宜変更することができる。例えば、本発明に係るレーザレーダシステムの計測対象は大気中のエアロゾルの濃度分布やエアロゾルの粒径分布に限らず、散乱体によって散乱されたレーザ光の光強度に基づく各種の計測が可能である。また、レーザについても各種波長のレーザ光を使用することができるし、各部の構成についても各種公知回路を採用することができるのは勿論である。

【0048】

【発明の効果】以上のように、請求項1から7のいずれかに記載のレーザレーダシステムによれば、光検出部および計測部を一組備えるだけで、散乱体によって散乱された多波長のレーザ光に含まれている各波長毎の光強度特性を計測することができる。したがって、受信装置のコストを低減することができる結果、システム全体のコストも低減できる。また、受信装置を小型化することができる結果、レーザレーダシステム全体としての小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム1の構成図である。

【図2】レーザレーダシステム1の動作を説明するためのタイミング図である。

【図3】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム21の構成図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム31の構成図である。

【図5】レーザレーダシステム31における光選択部34の構成図である。

【図6】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム41の構成図である。

【図7】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム

ム51の構成図である。

【図8】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム61の構成図である。

【図9】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム71の構成図である。

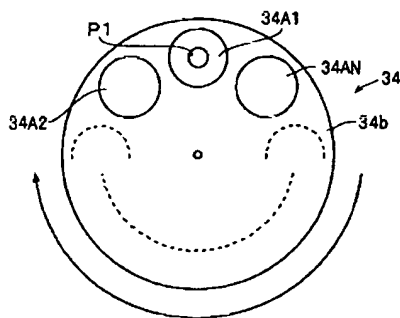
【図10】本発明の実施の形態に係るレーザレーダシステム81の構成図である。

【図11】従来のレーザレーダシステム91の構成図である。

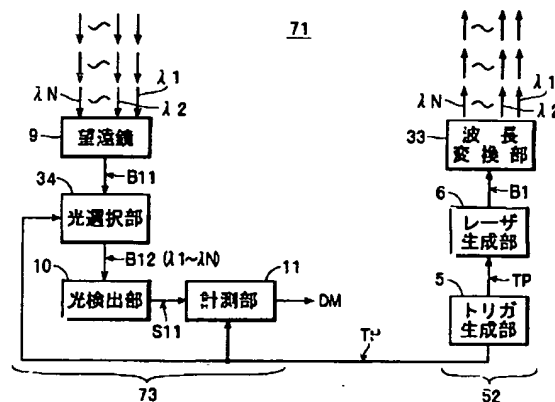
【符号の説明】

1, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81 レーザレーダシステム
2, 22, 32, 42, 52 送信装置
3, 53, 63, 73, 83 受信装置
5 トリガ生成部
6 レーザ生成部
7, 33 波長変換部
7A2~7AN 波長変換器
8, 23, 55 光切換部
8B1~8BN シャッター
9 望遠鏡
10 光検出部
11 計測部
23A 角度可変式ミラー
23B1~23BN 固定式ミラー
34 光選択部
43 分光部
44 光遅延部
44A1~44AN 光ファイバ
55a 合波部
B1 レーザ光
B11, B12 散乱光
 $\lambda 1 \sim \lambda N$ 波長

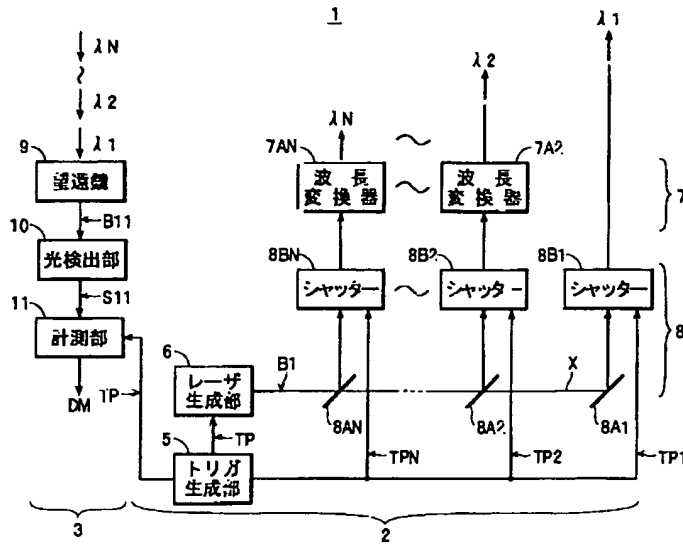
【図5】



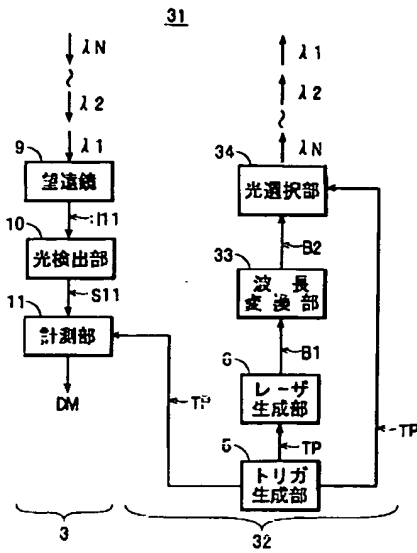
【図9】



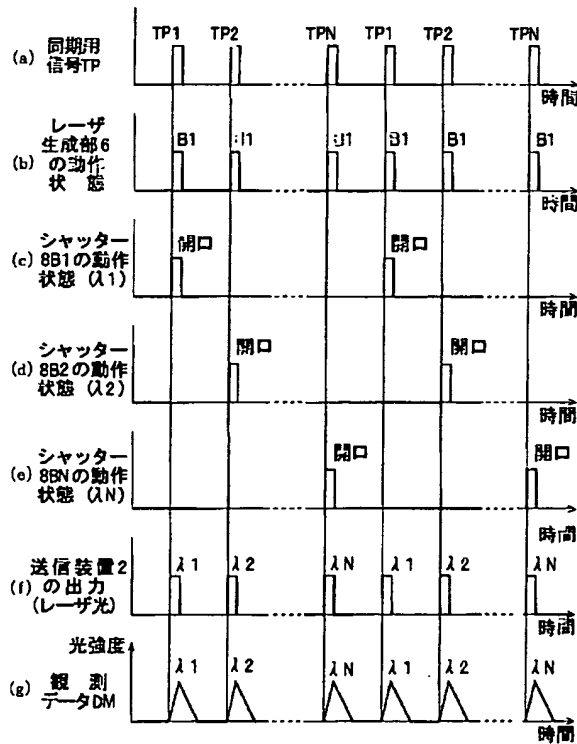
【図1】



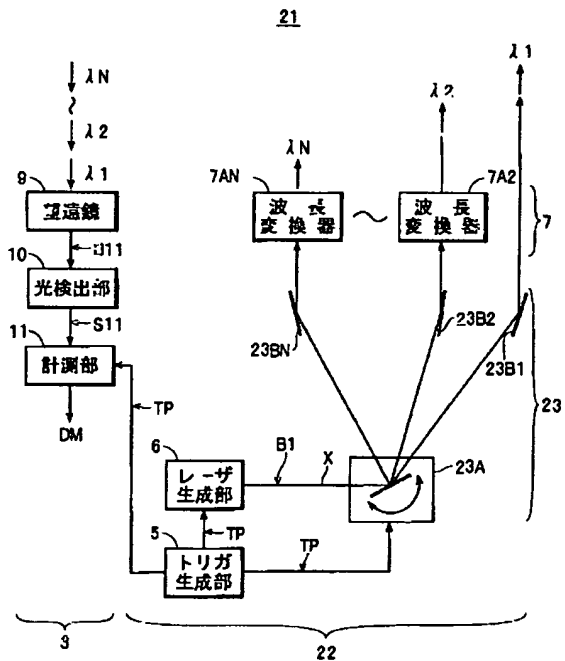
【図4】



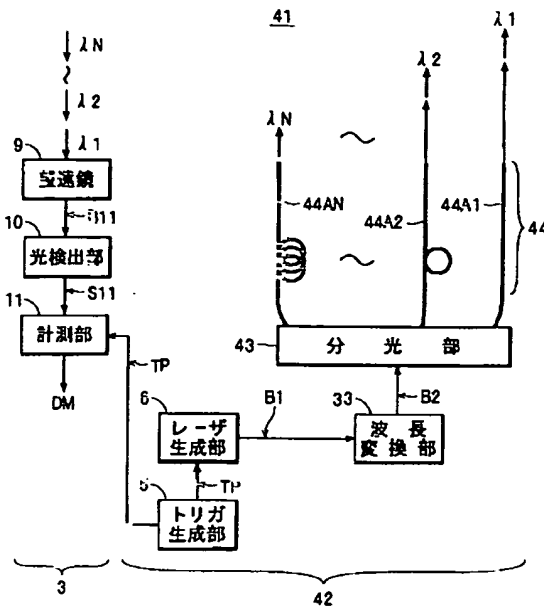
【図2】



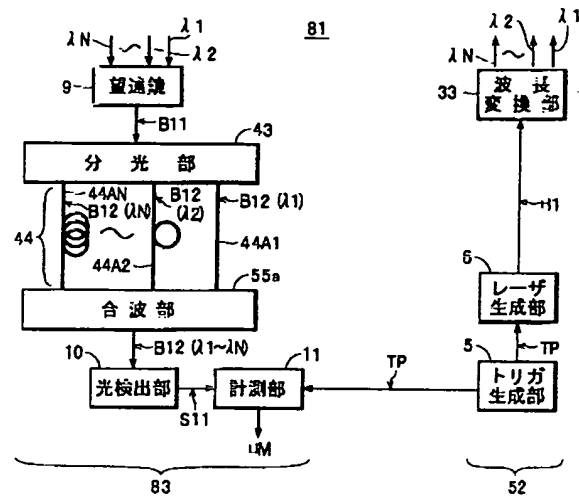
【図3】



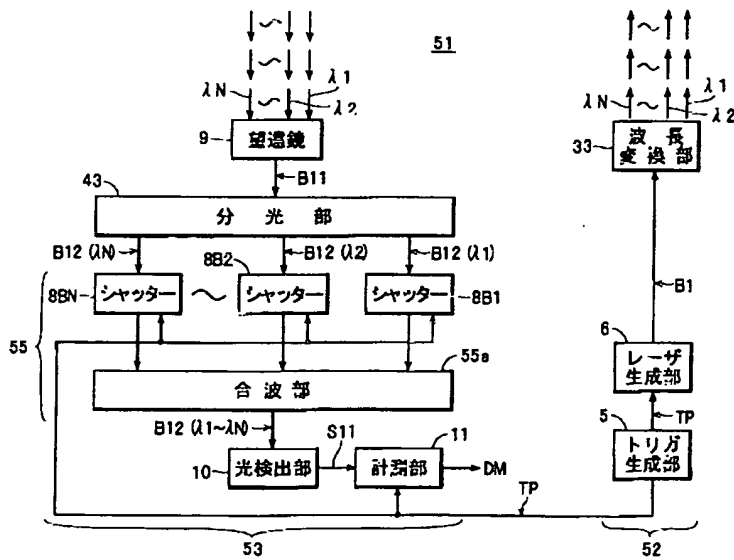
【図6】



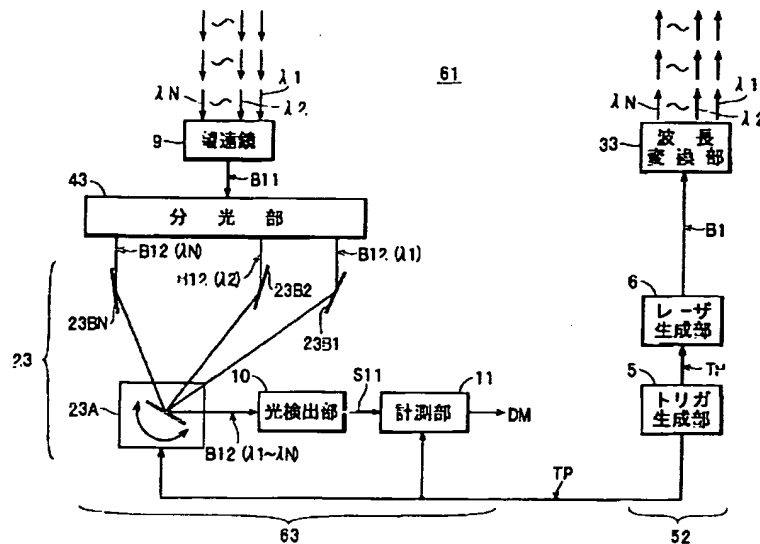
【図10】



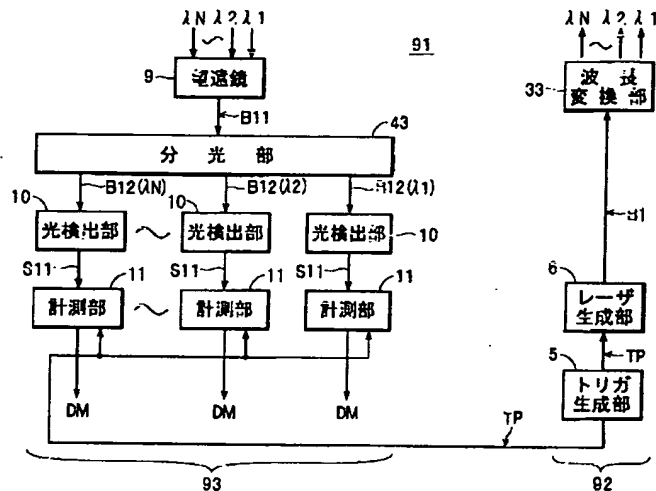
【図7】



【図8】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 工藤 真
 長野県上田市大字小泉字桜町81番地 日置
 電機株式会社内
 (72)発明者 田中 光喜
 長野県上田市大字小泉字桜町81番地 日置
 電機株式会社内

Fターム(参考) 2G059 AA01 BB01 CC19 EE02 EE11
 FF04 GG01 GG08 HH01 HH02
 HH06 JJ02 JJ13 JJ17 JJ22
 JJ23 KK01 MM03 MM08
 5J084 AA01 AA14 AB08 AD03 BA22
 BA35 BA36 BA46 BA49 BB02
 BB24 BB31 BB35 BB40 CA03
 CA12 CA34 DA01 DA07 DA08
 EA31

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.